

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局(43) 国際公開日  
2004 年 10 月 7 日 (07.10.2004)

PCT

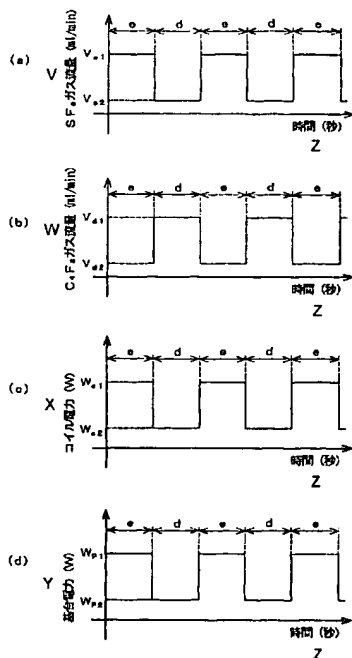
(10) 国際公開番号  
WO 2004/086478 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01L 21/3065 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 野沢 善幸  
(NOZAWA, Yoshiyuki) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎  
(21) 国際出願番号: PCT/JP2004/003693 市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会社内 Hyogo  
(JP). 笠井 一夫 (KASAI, Kazuo) [JP/JP]; 〒6600891 兵  
(22) 国際出願日: 2004 年 3 月 18 日 (18.03.2004) 庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会  
(JP). 河野 広明 (KOUNO, Hiroaki) [JP/JP];  
(25) 国際出願の言語: 日本語 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密  
(26) 国際公開の言語: 日本語 工業株式会社内 Hyogo (JP).  
(30) 優先権データ: 特願2003-082740 2003 年 3 月 25 日 (25.03.2003) JP (74) 代理人: 村上 智司 (MURAKAMI, Satoshi); 〒5310074  
大阪府大阪市北区本庄東 1 丁目 1 番 1 0 号 ライズ  
8 8 ビル 8 0 4 号 Osaka (JP).  
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友精  
密工業株式会社 (SUMITOMO PRECISION PROD-  
UCTS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶  
桑町 1 番 1 0 号 Hyogo (JP). (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が  
可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR,  
BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU,  
ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT,

[続葉有]

(54) Title: METHOD OF ETCHING SILICON SUBSTRATE AND ETCHING APPARATUS THEREFOR

(54) 発明の名称: シリコン基板のエッチング方法及びエッチング装置



V...SF<sub>6</sub> GAS FLOW RATE (ml/min)  
W...C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> GAS FLOW RATE (ml/min)  
X...COIL POWER (W)  
Y...BASE POWER (W)  
Z...TIME (S)

(57) Abstract: A method of etching a silicon substrate, which ensures high etching rate and can provide an etching structure excelling in wall surface smoothness and perpendicularity. The etching is accomplished by sequentially repeating the step of while applying bias potential to a silicon substrate through application of firm power thereto, progressing a dry etching mainly on etching ground with the use of a mixture of SF<sub>6</sub> gas and fluorocarbon gas and the step of forming a protective film mainly on a structure surface perpendicular to etching ground with the use of the above-mentioned mixed gas. The mixed gas for use in the step of dry etching progress is one consisting of 100 vol. of SF<sub>6</sub> gas and 5 to 12 vol. of fluorocarbon gas. The mixed gas for use in the step of protective film formation is one consisting of 2 to 5 vol. of SF<sub>6</sub> gas and 100 vol. of fluorocarbon gas.

(57) 要約: 本発明は、エッチング速度が速く、しかも壁面の平滑性及び直角度に優れたエッチング構造物を得ることができるシリコン基板のエッチング方法等に関する。エッチング工程は、シリコン基板に常時電力を印加してバイアス電位を与えつつ、SF<sub>6</sub>ガスとフロロカーボンガスとの混合ガスを用いて、主としてエッチンググラウンドにおけるドライエッチングを進行させる工程と、同じく混合ガスを用いて、主としてエッチンググラウンドに対して垂直な構造面に保護膜を形成させる工程とが順次繰り返して行われる。ドライエッチング進行工程における混合ガスは、SF<sub>6</sub>ガス100容量に対してフロロカーボンガスを5~12容量混合させたものとし、保護膜形成工程における混合ガスを、フロロカーボンガス100容量に対してSF<sub>6</sub>ガスを2~5容量混合させたものとされる。

WO 2004/086478 A1



LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI,  
NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,  
SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が  
可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY,  
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,

NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,  
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される  
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語  
のガイダンスノート」を参照。

## 明 細 書

## シリコン基板のエッチング方法及びエッチング装置

## 5 技術分野

本発明は、ドライエッチングプロセスによって、シリコン基板に、例えば、溝などの構造面を形成するシリコン基板のエッチング方法及びエッチング装置に関する。

## 10 背景技術

ドライエッチングプロセスによってシリコン基板上に溝などの構造物を形成する、例えば半導体集積回路の分野では、益々高集積化、高密度化が進められており、高精度にトレンチ（深溝若しくは深穴）を形成することのできるエッチング技術が求められている。そして、このような

15 トレンチエッチングを目的としたエッチング法として、従来、特表平7-503815号公報に開示されるようなエッチング法が知られている。

このエッチング法は、シリコン基板表面に所望形状のエッチングマスクを形成した後、プラズマ化した $\text{SF}_6$ と $\text{Ar}$ の混合ガスを用い基板表面をドライエッチングして溝若しくは穴を形成するエッチング工程と、

20 同じくプラズマ化した $\text{CHF}_3$ と $\text{Ar}$ の混合ガスを用い、前記溝若しくは穴（以下、溝等という）の側壁に保護膜を形成する重合工程（保護膜形成工程）とを交互に繰り返すことによって、深溝若しくは深穴（以下、深溝等という）を形成するというものである。

25 このエッチング法によれば、ドライエッチングによって順次形成された溝等の壁面がその後保護膜によって被覆され、以降のドライエッチン

グの際にこの保護膜により前記壁面が保護されるため、極端なサイドエッチングやアンダーカットが防止され、見かけ上垂直な壁面を備えた溝等を形成することができる。

ところが、上述したエッチング法には、次のような問題が存在した。

- 5 即ち、上記のエッチング法は、前記壁面に対する保護膜の形成を伴わないエッチング工程と、壁面に保護膜を形成する工程とを順次交替的に繰り返すというものであるため、エッチングされて新たに形成される壁面は、保護膜が形成されていない状態となっている。このため、エッチング工程では、エッチンググランド（溝等の底面）とともにこの壁面がエ
- 10 ッチングされ、この結果、壁面が垂直方向に波打ったものとなり、加工精度の悪いものとなるのである。そして、壁面に形成されたこのような凹凸が原因となって、半導体集積回路の分野における高集積化、高密度化が阻害されていた。

- そこで、本発明者らは、シリコン基板に常時電力を印加してバイアス
- 15 電位を与えた状態で、エッチングガスと保護膜形成ガスとの混合ガスを用いてエッチング工程と保護膜形成工程の双方の工程を実施し、エッチング工程では多量のエッチングガスと少量の保護膜形成ガスとの混合ガスを用い、保護膜形成工程では少量のエッチングガスと多量の保護膜形成ガスとの混合ガスを用いるようにしたエッチング法を、特願 2 0 0 1
- 20 - 2 9 9 4 3 5 号において既に提案している。

- このエッチング法によれば、エッチングガスと保護膜形成ガスとの混合ガスを用いてエッチング工程及び保護膜形成工程が実施されるので、エッチング工程では、エッチンググランドがエッチングガスによってエ
- 25 ッチングされるとともに、エッチングによって順次形成される垂直な構造面が、保護膜形成ガスからもたらされる保護膜によって直ちに被覆され、引き続いて実行される保護膜形成工程において、前記垂直な構造面

が更に強固に保護膜によって被覆される。これにより、当該垂直な構造面に対するエッチングが抑制され、その表面の凹凸が小さく、しかも直角度に優れた垂直構造面を形成することができる。

また、シリコン基板に常時電力を印加してバイアス電位を与えているので、エッチンググランドをイオン照射により物理的にエッチングすることができ、エッチング工程ではエッチング速度が速まる一方、保護膜形成工程ではエッチンググランドに保護膜が形成されるのを防止することができ、その結果、全体のエッチング加工時間を短くすることができるという効果も奏される。

ところが、このエッチング法では、上記のように、エッチングガスと保護膜形成ガスとの混合ガスを用いてエッチングするので、エッチングによって形成された垂直構造面を有効に保護することができるという効果がある反面、エッチンググランドでは、エッチングガスやイオン照射によるエッチングと、このエッチングを抑制する保護膜の形成という相反する作用とが同時に進行するため、エッチング作用をなすエネルギーが保護膜の剥離にも費やされることとなり、この分、エッチング時に保護膜形成ガスを用いないエッチング法に比べて、エッチング速度が低下するというデメリットを有している。

また、保護膜形成工程については、エッチングガスやイオンによって、エッチンググランドに保護膜が形成されるのを抑制することができ、全体のエッチング加工時間を短くすることができるという効果が奏される反面、エッチングガスは垂直構造面にも作用するため、当該垂直構造面がエッチングされ易い環境となり、場合によっては、その表面を十分に平滑にすることができないというデメリットがある。

そこで、本発明者らは前記混合ガスの混合割合について鋭意研究を重ねた結果、エッチング進行工程で保護膜形成ガスを用いず、且つ保護膜

形成工程でエッチングガスを用いないエッチング法に比べて、エッチング速度を速くし、しかもエッチングによって形成される垂直構造面が十分に平滑で直角度に優れたものとなるような最適な混合割合について知見を得るに至った。

- 5      斯くして、本発明は、エッチング速度を低下させることなく、しかもエッチングによって形成される垂直構造面を十分に平滑で直角度に優れたものとすることができるシリコン基板のエッチング方法及びエッチング装置の提供を目的とする。

#### 10    発明の開示

- 上記目的を達成するための本発明は、シリコン基板表面にエッチングマスクを形成するマスク形成工程と、高周波電力によりプラズマ化したエッチングガスを用いて前記エッチングマスクの開口部から前記シリコン基板表面をドライエッチングして所定の構造面を形成するエッチング工程とを順次実施することによりシリコン基板をエッチングする方法であって、

前記エッチング工程を、

前記シリコン基板に常時電力を印加してバイアス電位を与えつつ、

- 20    エッチングガスとしての $\text{SF}_6$ ガスと、保護膜形成ガスとしての $\text{C}_4\text{F}_8$ 等のフロロカーボンガス( $\text{C}_x\text{F}_y$ )との混合ガスを用いて、主としてエッチンググラウンドにおける前記ドライエッチングを進行させる工程と、

- 25    同じく前記 $\text{SF}_6$ ガスとフロロカーボンガスとの混合ガスを用いて、主としてエッチンググラウンドに対して垂直な前記構造面に保護膜を形成させる工程とを順次繰り返して行うようにしたエッチング方法において、

前記ドライエッチング進行工程における前記混合ガスを、 $\text{SF}_6$ ガス  
100容量に対してフロロカーボンガスを5～12容量混合させたもの  
とし、

前記保護膜形成工程における前記混合ガスを、フロロカーボンガス1  
5 00容量に対して $\text{SF}_6$ ガスを2～5容量混合させたものとしたことを  
特徴とするシリコン基板のエッチング方法に係る。

この発明によれば、上記ドライエッチングを進行させる工程では、エ  
ッチンググランドが $\text{SF}_6$ ガスやイオン照射によってエッチングされる  
とともに、エッチングによって順次形成される垂直な構造面がフロロカ  
10 ーボンガスからもたらされる保護膜によって直ちに被覆される。

また、引き続いて実行される保護膜形成工程では、前記垂直な構造面  
が保護膜によって更に強固に被覆されるとともに、エッチングガスやイ  
オン照射によって、エッチンググランドに保護膜が形成されるのが抑制  
される。

15 尚、上記のように、ドライエッチング進行工程における前記混合ガス  
は、 $\text{SF}_6$ ガス100容量に対してフロロカーボンガスを5～12容量  
混合させたもの、即ち、 $\text{SF}_6$ ガスとフロロカーボンガスとを容量比で  
100：5～12の範囲で混合したものが好ましい。フロロカーボンガ  
スの量が5容量未満であると、フロロカーボンガスの量が少なすぎて、  
20 エッチングによって形成された垂直構造面を有効に保護することができ  
ず、一方、フロロカーボンガスの量が12容量を超えると、フロロカー  
ボンガスの量が多すぎて、エッチンググランドに保護膜が形成され易く  
、エッチング作用をなすエネルギーが保護膜の剥離に多く費やされて、エ  
ッチング時に保護膜形成ガスを用いないエッチング法に比べて、エッチ  
25 ング速度が低下するからである。

また、保護膜形成工程における前記混合ガスは、フロロカーボンガス

100容量に対してSF<sub>6</sub>ガスを2～5容量混合させたもの、即ち、フ  
ロロカーボンガスとSF<sub>6</sub>ガスとを容量比で100：2～5の範囲で混  
合させたものが好ましい。SF<sub>6</sub>ガスの量が2容量未満であると、SF  
6 ガスの量が少なすぎて、エッチンググランドに保護膜が形成されるの  
を十分に抑制することができないため、十分なエッチング速度が得られ  
ず、一方、SF<sub>6</sub>ガスの量が5容量を超えると、SF<sub>6</sub>ガスの量が多  
すぎて、垂直構造面がエッチングされ易い環境となり、その表面精度が悪  
化するからである。

斯くして、この発明によれば、SF<sub>6</sub>ガスとフロロカーボンガスとの  
10 混合ガスを用いいるとともに、ドライエッチング進行工程における混合  
ガス、及び保護膜形成工程における混合ガスを、それぞれ上記混合比率  
とすることで、ドライエッチング進行工程で保護膜形成ガスを用いず、  
且つ保護膜形成工程でエッチングガスを用いないエッチング法に比べて  
、エッチング速度を速くし、しかも、エッチングによって形成される垂  
15 直構造面を、表面精度の高い平滑面とすることができる。

また、前記シリコン基板に印加する電力は、これを、前記ドライエッ  
チング進行工程においては高くし、前記保護膜形成工程においては低く  
するのが好ましい。このようにすれば、前記ドライエッチング進行工程  
におけるイオンの照射速度を高め、エッチング速度を速めることができ  
20 る一方、保護膜形成工程においては、前記垂直構造面に形成された保護  
膜が照射イオンによって剥離されるのを極僅かなものとすることができ  
、前記垂直構造面をより効果的に保護することができる。

更に、前記プラズマを発生させるための高周波電力についても、これ  
を、前記ドライエッチング進行工程においては高くし、前記保護膜形成  
25 工程においては低くするのが好ましい。このようにすれば、前記ドライ  
エッチング進行工程ではSF<sub>6</sub>ガスが効率よくプラズマ化してエッチン



グ速度が速まり、一方、保護膜形成工程ではプラズマ化する $\text{SF}_6$ ガスの割合が低下して、垂直構造面がエッチングされ難くなり、当該垂直構造面をより効果的に保護することができる。

また、上記エッチング工程は、ドライエッチング進行工程から開始しても、或いは保護膜形成工程から開始しても良いが、保護膜形成工程から開始する方が前記垂直構造面の凹凸をより小さなものとすることができる点で好ましい。

そして、上述したエッチング方法は、以下のエッチング装置によってこれを好適に実施することができる。

10 即ち、このエッチング装置は、被エッチング物たるシリコン基板を収納するエッチングチャンバと、前記エッチングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、前記エッチングチャンバ内にエッチングガスたる $\text{SF}_6$ ガスを供給するエッチングガス供給手段と、前記エッチングチャンバ内に保護膜形成ガスたるフロロカーボンガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、前記エッチングチャンバ内を減圧する減圧手段と、前記エッチングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッチングチャンバ内に供給された前記 $\text{SF}_6$ ガス及びフロロカーボンガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、前記エッチングガス供給手段及び前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッチングチャンバ内に供給される前記 $\text{SF}_6$ ガス及びフロロカーボンガスの流量を制御するガス流量制御手段と、前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイル電力制御手段と、前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手段とを備えて構成され、

20

25

前記ガス流量制御手段は、前記 $\text{SF}_6$ ガスとフロロカーボンガスを連

5 続的且つその供給量を周期的に変化させて前記エッチングチャンバ内に供給するとともに、両者の位相が逆となるように前記供給量を制御し、更に、前記  $\text{SF}_6$  ガスの多量供給時には  $\text{SF}_6$  ガス 100 容量に対してフロロカーボンガスを 5 ~ 12 容量供給し、前記フロロカーボンガスの多量供給時にはフロロカーボンガス 100 容量に対して  $\text{SF}_6$  ガスを 2 ~ 5 容量供給するように構成されてなることを特徴とする。

尚、前記基台電力制御手段は、前記基台に印加される電力を、前記  $\text{SF}_6$  ガスの多量供給時には高くし、前記フロロカーボンガスの多量供給時には低くするように構成されているのが好ましい。

10 また、前記コイル電力制御手段も同様に、前記コイルに印加される電力を、前記  $\text{SF}_6$  ガスの多量供給時には高くし、前記フロロカーボンガスの多量供給時には低くするように構成されているのが好ましい。

#### 図面の簡単な説明

15 第 1 図は、本実施形態に係るエッチング装置の概略構成を一部ブロック図で示す断面図であり、第 2 図は、 $\text{SF}_6$  ガス及び  $\text{C}_4\text{F}_8$  ガスの流量、並びにコイル及び基台に印加される高周波電力の制御状態を示すタイミングチャートである。また、第 3 図は、実験例における評価方法を説明するための説明図である。また、第 4 図は、実験例 1 におけるエッチング速度の測定結果を示した表であり、第 5 図は、実験例 1 におけるエッチング速度の測定結果を示したグラフであり、第 6 図は、実験例 1 における表面精度  $\rho$  の測定結果を示した表であり、第 7 図は、実験例 1 における表面精度  $\rho$  の測定結果を示したグラフであり、第 8 図は、実験例 1 における角度  $\theta$  の測定結果を示した表であり、第 9 図は、実験例 1 における角度  $\theta$  の測定結果を示したグラフである。また、第 10 図は、実験例 2 におけるエッチング速度の測定結果を示した表であり、第 11 図

20

25

は、実験例 2 におけるエッチング速度の測定結果を示したグラフであり、第 1 2 図は、実験例 2 における表面精度  $\rho$  の測定結果を示した表であり、第 1 3 図は、実験例 2 における表面精度  $\rho$  の測定結果を示したグラフであり、第 1 4 図は、実験例 2 における角度  $\theta$  の測定結果を示した表  
5 であり、第 1 5 図は、実験例 2 における角度  $\theta$  の測定結果を示したグラフである。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明をより詳細に説明するために、添付図面に基づいてこれ  
10 を説明する。

まず、本実施形態に係るエッチング装置の構成について第 1 図に基づき説明する。第 1 図は、本実施形態に係るエッチング装置の概略構成を一部ブロック図で示す断面図である。

第 1 図に示すように、このエッチング装置 1 は、セラミックなどから  
15 なり、内部にエッチング室 2 a が形成された筐体状のエッチングチャンバ 2 と、前記エッチング室 2 a 内の下部領域に配設され、被エッチング物たるシリコン基板 S を載置する基台 3 と、エッチング室 2 a 内にエッチングガスたる  $SF_6$  ガス及び保護膜形成ガスたる  $C_4F_8$  等のフロロカーボンガス ( $C_xF_y$ ) を供給するガス供給部 7 と、エッチング室 2 a  
20 内を減圧する減圧部 1 3 と、エッチング室 2 a 内に供給された  $SF_6$  ガス及びフロロカーボンガスをプラズマ化するプラズマ生成部 1 5 と、前記基台 3 に高周波電力を印加する高周波電源 1 8 と、これら各部の作動を制御する制御装置 2 0 とを備えている。

前記基台 3 上には、シリコン基板 S が O リング 4 などのシール部材を  
25 介して載置される。基台 3 はその基部 3 a がエッチング室 2 a 外に導出されるように設けられており、その中心部には、基台 3 とシリコン基板

Sとの間に形成された空間5aに通じる連通路5が設けられ、この連通路5を通して前記空間5a内にヘリウムガスが充填、封入されている。また、基台3には冷却水循環路6が形成されており、この冷却水循環路6内を循環する冷却水(20℃)により、前記基台3及びヘリウムガスを介して、前記シリコン基板Sが冷却されるようになっている。また、この基台3には前記高周波電源18によって13.56MHzの高周波電力が印加されており、基台3及び基台3上に載置されたシリコン基板Sにバイアス電位を生じるようになっている。

前記ガス供給部7は、前記エッチングチャンバ2の上端部に接続されたガス供給管8と、このガス供給管8にそれぞれマスフローコントローラ11、12を介して接続されたガスポンペ9、10とからなり、マスフローコントローラ11、12により流量調整されたガスがガスポンペ9、10からエッチング室2a内に供給されるようになっている。尚、本例では、ガスポンペ9内にはエッチング用のSF<sub>6</sub>ガスが充填され、ガスポンペ10内には保護膜形成用のC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>ガスが充填されている。

前記減圧部13は、前記エッチングチャンバ2の下端部に接続された排気管14と、この排気管14に接続された図示しない真空ポンプとからなり、この真空ポンプ(図示せず)によって前記エッチング室2a内が所定の低圧に減圧されるようになっている。

前記プラズマ生成部15は、前記エッチングチャンバ2の前記基台3より高い位置の外周に沿って配設されたコイル16と、このコイル16に13.56MHzの高周波電力を印加する高周波電源17とからなり、コイル16に高周波電力を印加することによりエッチング室2a内の空間に変動磁場が形成され、エッチング室2a内に供給されたガスがこの変動磁場によって誘起される電界によってプラズマ化されるようになっている。

また、前記制御装置 20 は、前記マスフローコントローラ 11、12  
を制御し、ガスポンペ 9、10 からエッチング室 2a 内に供給されるガ  
ス流量を調整するガス流量制御手段 21 と、前記コイル 16 に印加され  
る高周波電力を制御するコイル電力制御手段 22 と、前記基台 3 に印加  
5 される高周波電力を制御する基台電力制御手段 23 とからなる。

次に、以上の構成を備えたエッチング装置 1 によりシリコン基板 S を  
エッチングするその態様について説明する。

まず、フォトリソグラフィなどを用いて所望形状のエッチングマスク  
(例えばレジスト膜や  $\text{SiO}_2$  膜など) をシリコン基板 S 上に形成した  
10 後、このシリコン基板 S をエッチングチャンバ 2 内に搬入し、Oリング  
4 を介して基台 3 上に載置する。この後、連通路 5 から空間 5a 内にヘ  
リウムガスを充填、封入する。なお、冷却水循環路 6 内の冷却水は絶え  
ず循環されている。

ついで、ガスポンペ 9 及び 10 から  $\text{SF}_6$  ガス及び  $\text{C}_4\text{F}_8$  ガスをそれ  
15 ぞれエッチング室 2a 内に供給するとともに、コイル 16 に高周波電力  
を印加し、基台 3 に高周波電力を印加する。

エッチング室 2a 内に供給される  $\text{SF}_6$  ガスの流量は、第 2 図 (a)  
に示すように、 $V_{0.2}$  から  $V_{0.1}$  の範囲で矩形波状に変化し、また、 $\text{C}_4\text{F}_8$   
 $\text{F}_8$  ガスの流量は、第 2 図 (b) に示すように、 $V_{d.2}$  から  $V_{d.1}$  の範囲  
20 で矩形波状に変化し、且つ  $\text{SF}_6$  ガスの位相と  $\text{C}_4\text{F}_8$  ガスの位相とが相  
互に逆になるようにそれぞれガス流量制御手段 21 によって制御される  
。

そして、 $\text{SF}_6$  ガスの流量  $V_{0.1}$  と  $\text{C}_4\text{F}_8$  ガスの流量  $V_{d.2}$  との流量比  
(即ち、混合容量比)  $V_{0.1} : V_{d.2}$  が 100 : 5 ~ 12 の範囲となるよ  
25 うに、また、 $\text{SF}_6$  ガスの流量  $V_{0.2}$  と  $\text{C}_4\text{F}_8$  ガスの流量  $V_{d.1}$  との流量  
比 (即ち、混合容量比)  $V_{0.2} : V_{d.1}$  が 2 ~ 5 : 100 の範囲となるよ

うに、前記ガス流量制御手段 21 によって制御される。

また、コイル 16 に印加される高周波電力は、第 2 図 (c) に示すように、 $W_{o2}$  から  $W_{o1}$  の範囲で矩形波状に変化し、基台 3 に印加される高周波電力は、第 2 図 (d) に示すように、 $W_{p2}$  から  $W_{p1}$  の範囲で矩形波状に変化し、且つコイル 16 に印加される高周波電力の位相と基台 3 に印加される高周波電力の位相とが同位相となるようにそれぞれコイル電力制御手段 22、基台電力制御手段 23 によって制御される。

エッチング室 2a 内に供給された  $SF_6$  ガス及び  $C_4F_8$  ガスは、コイル 16 によって生じた変動磁界内で、イオン、電子、フラジカルなどを含むプラズマとなり、プラズマはこの変動磁界の作用によって高密度に維持される。プラズマ中に存在するフラジカルは  $Si$  と化学的に反応して、シリコン基板 S から  $Si$  を持ち去る、即ちシリコン基板 S をエッチングする働きをし、イオンは基台 3 及びシリコン基板 S に生じた自己バイアス電位により基台 3 及びシリコン基板 S に向けて加速され、シリコン基板 S に衝突してこれをエッチングする。斯くして、これらフラジカル及びイオンによってマスク開口部のシリコン基板 S 表面（エッチンググランド）がエッチングされ、所定幅及び深さの溝等が形成される。

一方、 $C_4F_8$  ガスはプラズマ化されることにより重合物となって溝等の壁面及び底面（エッチンググランド）に堆積してフロロカーボン膜を形成する働きをする。このフロロカーボン膜はフラジカルと反応せず、フラジカルに対する保護膜として作用し、この保護膜によってサイドエッチングやアンダーカットが防止される。

このように、 $SF_6$  ガス及び  $C_4F_8$  ガスを同時にエッチング室 2a 内に供給して得られるプラズマの存在下では、フラジカル及びイオン照射によるエッチングと、重合による保護膜の形成という相反する作用が同時に溝等の壁面及び底面上で進行する。詳細には、イオン照射の多い底

面では、重合物の堆積よりもイオン照射による重合物の剥離の方がより強く作用して、フラジカル及びイオンによるエッチングが進行し易く、一方イオン照射の少ない壁面では、イオン照射による重合物の剥離よりも重合物の堆積の方がより強く作用して、保護膜の形成が進行し易い。

- 5      以上のことを考慮して本実施形態においては、 $\text{SF}_6$ ガス及び $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの流量、並びにコイル16に印加される高周波電力及び基台3に印加される高周波電力を、上述した如く第2図に示すようにそれぞれ制御している。

- 10      具体的には、第2図においてeで示す時間帯については、 $\text{SF}_6$ ガスの供給量を $V_{0,1}$ と多くし、 $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの供給量を $V_{d,2}$ と少なくするとともに、コイル16に印加される高周波電力を $W_{0,1}$ と高くし、基台3に印加される高周波電力を $W_{p,1}$ と高くしている。 $\text{SF}_6$ ガスの供給量を多くし、 $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの供給量を少なくし、コイル16に印加される高周波電力を高くすることにより、エッチングに必要なフラジカルやイオンを適量生成することができる一方、重合物の生成をサイドエッチングやアンダーカットを防止することができる最低限の量に押さえることができる。また、基台3に印加される高周波電力を高くすることにより、イオン照射速度を高め、エッチング速度を高めることができる。
- 15

- 20      以上により、イオン照射の多いエッチンググラウンド（底面）については、重合物の堆積よりもイオン照射による重合物の剥離の方がかなり強く作用して、フラジカルやイオンによるエッチングが進行する一方、イオン照射の少ない壁面では、イオン照射による重合物の剥離よりも重合物の堆積の方がより強く作用して、保護膜の形成が進行し、エッチングによって順次形成される壁面がこの保護膜によって直ちに被覆される。

- 25      一方、第2図においてdで示す時間帯については、 $\text{SF}_6$ ガスの供給量を $V_{0,2}$ と少なくし、 $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの供給量を $V_{d,1}$ と多くするとともに

、コイル 16 に印加される高周波電力を  $W_{p2}$  と低くし、基台 3 に印加される高周波電力を  $W_{p2}$  と低くしている。 $SF_6$  ガスの供給量を少なくし、 $C_4F_8$  ガスの供給量を多くすることにより、保護膜形成に必要な重合物をより多く生成することができる一方、フラジカルやイオンの生成を、エッチンググランドに堆積される重合物を剥離するのに必要な最低限の量に押さえることができる。また、基台 3 に印加される高周波電力を低くすることにより、エッチンググランドに堆積される重合物を剥離するのに必要な程度にイオン照射速度を遅くすることができ、壁面に堆積される保護膜がイオン照射によって剥離されるのを防止することができる。

以上により、エッチンググランド（底面）については、堆積される重合物をイオン照射によって剥離する程度にエッチングが抑制される一方、イオン照射の少ない壁面では、より多くの重合物が堆積して、強固な保護膜が形成される。

斯くして、以上の e 工程及び d 工程を順次繰り返して実施することにより、主としてエッチングの進行する工程と、主として保護膜形成の進行する工程とが交番的に繰り返され、エッチングによって順次形成される壁面が保護膜によって直ちに被覆されるとともに、引き続いて実行される工程において、保護膜が更に強固に形成されるので、上述したサイドエッチングやアンダーカットを確実に防止することができ、これにより、内壁面が垂直であり且つその凹凸が所定の基準値以下であるトレんチを、効率よくシリコン基板 S 上に形成することができる。

このような作用を奏するための前記  $SF_6$  ガスの流量  $V_{d1}$  は 60 ~ 600 ml/min の範囲であるのが好ましく、前記  $C_4F_8$  ガスの流量  $V_{d1}$  は 50 ~ 400 ml/min の範囲であるのが好ましい。

また、上記のように、 $C_4F_8$  ガスの流量  $V_{d2}$  は、 $SF_6$  ガスの流量



$V_{d1}$ との比において、 $V_{d2} : V_{d1}$ が5～12 : 100の範囲となるような流量であるのが好ましい。 $V_{d2}$ が5未満であると、 $C_4F_8$ ガスの量が少なすぎて、エッチングによって形成された壁面を有効に保護することができず、一方、 $V_{d2}$ が12を超えると、 $C_4F_8$ ガスの量が多すぎて、エッチンググランドに保護膜が形成され易く、エッチング作用をなすエネルギーが保護膜の剥離に多く費やされて、エッチング速度が低下するからである。

また、 $SF_6$ ガスの流量 $V_{d2}$ は、 $C_4F_8$ ガスの流量 $V_{d1}$ との比において、 $V_{d2} : V_{d1}$ が2～5 : 100の範囲となるような流量であるのが好ましい。 $V_{d2}$ が2未満であると、 $SF_6$ ガスの量が少なすぎて、エッチンググランドに保護膜が形成されるのを十分に抑制することができないため、十分なエッチング速度が得られず、一方、 $V_{d2}$ が5を超えると、 $SF_6$ ガスの量が多すぎて、前記壁面がエッチングされ易い環境となり、その表面精度が悪化するからである。

また、コイル16に印加される高周波電力 $W_{d1}$ は800～3000 Wの範囲であるのが好ましく、 $W_{d2}$ は600～2500 Wの範囲であるのが好ましい。更に、基台3に印加される高周波電力 $W_{p1}$ は3～50 W（更に好ましくは10～50 W）の範囲であるのが好ましく、 $W_{p2}$ は2～25 W（更に好ましくは5～25 W）の範囲であるのが好ましい。

また、前記e工程の実施時間は3～45秒の範囲が好ましく、前記d工程の実施時間は3～30秒の範囲が好ましい。

このように、本例によれば、 $SF_6$ ガスと $C_4F_8$ ガス（フロロカーボンガス）との混合ガスを用いいるとともに、エッチング進行工程における混合ガス、及び保護膜形成工程における混合ガスを、それぞれ上記混合比率とすることで、エッチング進行工程で保護膜形成ガスを用いず、

且つ保護膜形成工程でエッチングガスを用いないエッチング法に比べて、エッチング速度を速くし、しかも、エッチングによって形成される壁面を、表面精度の高い平滑面とすることができる。

そして、このような精度の高いエッチングを行うことで、半導体集積回路の高集積化や高密度化を図ることができ、また、形状精度の高いマイクロマシンを製造することができる。

以下、本発明におけるより具体的な効果を実験例に基づいて説明する。

#### 1. 実験例 1

10 エッチングガスとして  $\text{SF}_6$  ガスを用い、保護膜形成ガスとして  $\text{C}_4\text{F}_8$  ガスを用い、コイル 16 に印加される高周波電力  $W_{o1}$  を 2200 W、 $W_{o2}$  を 1500 W とし、基台 3 に印加される高周波電力  $W_{p1}$  を 40 W、 $W_{p2}$  を 20 W とし、e 工程の  $\text{SF}_6$  ガスの流量  $V_{o1}$  を 450 ml/min とし、d 工程の  $\text{C}_4\text{F}_8$  ガスの流量  $V_{d1}$  を 150 ml/min  
15 とするとともに、d 工程の  $\text{SF}_6$  ガスの流量  $V_{o2}$  を、0 ml/min、3 ml/min、4.5 ml/min、7.5 ml/min、15 ml/min と変化させ、且つ、e 工程の  $\text{C}_4\text{F}_8$  ガスの流量  $V_{d2}$  を、0 ml/min、22.5 ml/min、31.5 ml/min、54 ml/min、90 ml/min、135 ml/min と変化した各条件  
20 下でシリコン基板をエッチングし、当該シリコン基板上に第 3 図に示すような穴 31 を形成した。

尚、e 工程の処理時間を 8.5 秒とし、d 工程の処理時間を 3 秒として、この e 工程と d 工程とを 15 分間繰り返して実施した。また、エッチングチャンバ 2 内の圧力は、e 工程では 4.0 Pa、d 工程では 1.9 Pa であった。  
25

そして、上記各エッチング条件下でのエッチング速度、並びに形成さ

れた穴壁面 3 2 の表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）、及び壁面 3 2 の溝底面  
に対する角度  $\theta$ （°）をそれぞれ測定した。その結果を、第 4 図乃至第  
9 図に示す。尚、第 4 図は、上記各エッチング条件下におけるエッチン  
グ速度（ $\mu\text{m}/\text{min}$ ）の測定結果を示した表であり、第 5 図は、その  
5 グラフである。また、第 6 図は、前記表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）の測  
定結果を示した表であり、第 7 図は、そのグラフである。また、第 8 図  
は、前記角度  $\theta$ （°）の測定結果を示した表であり、第 9 図は、そのグ  
ラフである。

また、第 4 図、第 6 図、第 8 図において、 $\text{SF}_6$ ガスの流量  $V_{.2}$  は、  
10  $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの流量  $V_{.1}$ （ $150\text{ml}/\text{min}$ ）を 100 とした場合の  
流量（容量）比でこれを表し、 $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの流量  $V_{.2}$  も同様に、 $\text{SF}_6$   
ガスの流量  $V_{.1}$ （ $450\text{ml}/\text{min}$ ）を 100 とした場合の流量（  
容量）比でこれを表している。

第 4 図乃至第 9 図に示すように、d 工程で  $\text{SF}_6$ ガスを用いない場合  
15（ $A=0$  の場合）には、e 工程での  $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの流量  $V_{.2}$  を多くする  
ほど表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）や角度  $\theta$ （°）は良好となるが、エッ  
チング速度が低下する傾向にあり、また、e 工程で  $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスを用い  
ない場合には、d 工程での  $\text{SF}_6$ ガスの流量  $V_{.2}$  を多くするほどエッチ  
ング速度は速くなるが、その一方、表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）や角度  
20  $\theta$ （°）が悪化する傾向にあることが分かる。

そして、この結果から、d 工程での  $\text{SF}_6$ ガスの流量  $V_{.2}$  及び e 工  
程での  $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの流量  $V_{.2}$  を適量とすることで、エッチング速度、  
表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）及び角度  $\theta$ （°）のそれぞれを良好なもの  
とすることができると予想されるが、本実験例では、上記第 4 図乃至第  
25 9 図に示すように、 $\text{SF}_6$ ガスの流量  $V_{.2}$  の  $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの流量  $V_{.1}$  に  
対する流量比が 2～5 の範囲であり、且つ  $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの流量  $V_{.2}$  の  $\text{S}$

$F_6$  ガスの流量  $V_{o1}$  に対する流量比が 5 ~ 12 の範囲である場合に、e 工程で  $C_4F_8$  ガスを用いず、且つ d 工程で  $SF_6$  ガスを用いない場合（即ち、 $A=0$  及び  $B=0$  の場合）と比べて、エッチング速度が速く、しかも表面精度（凹凸） $\rho$  (nm) や角度  $\theta$  (°) を良好にできることが

5 判明した。

尚、エッチング速度は、速ければ速い程好ましいが、本例では、上記のように、e 工程で  $C_4F_8$  ガスを用いず、且つ d 工程で  $SF_6$  ガスを用いない場合（即ち、 $A=0$  及び  $B=0$  の場合）と比べて、同程度以上となるエッチング速度を好ましい速度と判断した。また、表面精度（凹凸） $\rho$  (nm) についても、これが小さい方が好ましいが、e 工程で  $C_4F_8$  ガスを用いず、且つ d 工程で  $SF_6$  ガスを用いない場合（即ち、 $A=0$  及び  $B=0$  の場合）と比べて、同程度以下となる表面精度を好ましい精度と判断した。更に、角度  $\theta$  (°) は、 $90^\circ$  に近い方がより好ましいが、 $91^\circ$  以下を好ましい角度とした。

10

## 15 2. 実験例 2

同じくエッチングガスとして  $SF_6$  ガスを用い、保護膜形成ガスとして  $C_4F_8$  ガスを用い、コイル 16 に印加される高周波電力  $W_{o1}$  を 900W、 $W_{o2}$  を 800W とし、基台 3 に印加される高周波電力  $W_{p1}$  を 25W、 $W_{p2}$  を 5W とし、e 工程の  $SF_6$  ガスの流量  $V_{o1}$  を 200 ml/min とし、d 工程の  $C_4F_8$  ガスの流量  $V_{d1}$  を 60 ml/min とするとともに、d 工程の  $SF_6$  ガスの流量  $V_{o2}$  を、0 ml/min, 1.2 ml/min, 1.8 ml/min, 3 ml/min, 6 ml/min と変化させ、且つ、e 工程の  $C_4F_8$  ガスの流量  $V_{d2}$  を、0 ml/min, 10 ml/min, 14 ml/min, 24 ml/min, 40 ml/min と変化させた各条件下でシリコン基板をエッチングし、

20

25

当該シリコン基板上に第 3 図に示すような穴 31 を形成した。

尚、e工程の処理時間を15秒とし、d工程の処理時間を7秒として、このe工程とd工程とを30分間繰り返して実施した。また、エッチングチャンバ2内の圧力は、e工程では2.5 Pa、d工程では0.8 Paであった。

5       そして、上記各エッチング条件下で、そのエッチング速度、並びに形成された穴壁面32の表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）、及び壁面32の溝底面に対する角度 $\theta$ （°）をそれぞれ測定した。その結果を、第10図乃至第15図に示す。尚、第10図は、上記各エッチング条件下におけるエッチング速度（ $\mu\text{m}/\text{min}$ ）の測定結果を示した表であり、第1  
10   1図は、そのグラフである。また、第12図は、前記表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）の測定結果を示した表であり、第13図は、そのグラフである。また、第14図は、前記角度 $\theta$ （°）の測定結果を示した表であり、第15図は、そのグラフである。

また、第10図、第12図、第14図において、 $\text{SF}_6$ ガスの流量 $V_{o2}$   
15    $_{o2}$ は、 $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの流量 $V_{d1}$ （60 ml/min）を100とした場合の流量比でこれを表し、 $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの流量 $V_{d2}$ も同様に、 $\text{SF}_6$ ガスの流量 $V_{o1}$ （200 ml/min）を100とした場合の流量比でこれを表している。

第10図乃至第15図に示すように、この実験例においても、d工程  
20   で $\text{SF}_6$ ガスを用いない場合（ $A=0$ の場合）には、e工程での $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスの流量 $V_{d2}$ を多くするほど表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）や角度 $\theta$ （°）は良好となるが、エッチング速度が低下する傾向にあり、また、e工程で $\text{C}_4\text{F}_8$ ガスを用いない場合には、d工程での $\text{SF}_6$ ガスの流量 $V_{o2}$ を多くするほどエッチング速度は速くなるが、その一方、表面精  
25   度（凹凸） $\rho$ （nm）や角度 $\theta$ （°）が悪化する傾向にあることが分かり、この結果から、d工程での $\text{SF}_6$ ガスの流量 $V_{o2}$ 及びをe工程での

$C_4F_8$ ガスの流量 $V_{d2}$ を適量とすることにより、エッチング速度、表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）及び角度 $\theta$ （°）のそれぞれを良好なものにできることが分かる。

そして、本実験例においても、上記第10図乃至第15図に示すように、 $SF_6$ ガスの流量 $V_{o2}$ の $C_4F_8$ ガスの流量 $V_{d1}$ に対する流量比が2～5の範囲であり、且つ $C_4F_8$ ガスの流量 $V_{d2}$ の $SF_6$ ガスの流量 $V_{o1}$ に対する流量比が5～12の範囲である場合に、エッチング速度、表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）及び角度 $\theta$ （°）のいずれをも良好にできることが判明した。尚、エッチング速度、表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）及び角度 $\theta$ （°）の好ましい範囲については、上記実験例1における基準と同じ基準に依ることとした。

実験例2は、実験例1に比べてコイル16に印加される高周波電力 $W_{o1}$ 及び $W_{o2}$ を下げ、基台3に印加される高周波電力 $W_{p1}$ 及び $W_{p2}$ を下げるとともに、これに応じて、 $SF_6$ ガスの流量 $V_{o1}$ 及び $C_4F_8$ ガスの流量 $V_{d1}$ を少なくした条件下で実験を行ったが、これら、実験例1及び2から分かるように、コイル16に印加される高周波電力 $W_{o1}$ 、 $W_{o2}$ 及び基台3に印加される高周波電力 $W_{p1}$ 、 $W_{p2}$ の大きさに依らず、また、 $SF_6$ ガスの流量 $V_{o1}$ 及び $C_4F_8$ ガスの流量 $V_{d1}$ の多い少ないに依らず、 $SF_6$ ガスの流量 $V_{o2}$ の $C_4F_8$ ガスの流量 $V_{d1}$ に対する流量比が2～5の範囲であり、且つ $C_4F_8$ ガスの流量 $V_{d2}$ の $SF_6$ ガスの流量 $V_{o1}$ に対する流量比が5～12の範囲である場合に、エッチング速度、表面精度（凹凸） $\rho$ （nm）及び角度 $\theta$ （°）のいずれをも良好にできることが分かった。

## 25 産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかるシリコン基板のエッチング方法及びエ

ッティング装置は、ドライエッチングプロセスによって、シリコン基板に、例えば、溝などの構造面を形成する際に、好適に用いることができる。

## 請 求 の 範 囲

1. シリコン基板表面にエッチングマスクを形成するマスク形成工程と、高周波電力によりプラズマ化したエッチングガスを用いて前記エッチングマスクの開口部から前記シリコン基板表面をドライエッチングして所定の構造面を形成するエッチング工程とを順次実施することによりシリコン基板をエッチングする方法であって、
- 5 前記エッチング工程を、
- 前記シリコン基板に常時電力を印加してバイアス電位を与えつつ、
- 10 エッチングガスとしての $\text{SF}_6$ ガスと、保護膜形成ガスとしてのフロロカーボンガスとの混合ガスを用いて、主としてエッチンググラウンドにおける前記ドライエッチングを進行させる工程と、
- 同じく前記 $\text{SF}_6$ ガスとフロロカーボンガスとの混合ガスを用いて、主としてエッチンググラウンドに対して垂直な前記構造面に保護膜を形成
- 15 させる工程とを順次繰り返して行うようにしたエッチング方法において、
- 前記ドライエッチング進行工程における前記混合ガスを、 $\text{SF}_6$ ガス100容量に対してフロロカーボンガスを5～12容量混合させたものとし、
- 20 前記保護膜形成工程における前記混合ガスを、フロロカーボンガス100容量に対して $\text{SF}_6$ ガスを2～5容量混合させたものとしたことを特徴とするシリコン基板のエッチング方法。
2. 前記シリコン基板に印加する電力を、前記ドライエッチング進行工程においては高くし、前記保護膜形成工程においては低くすることを特徴とする請求の範囲第1項記載のシリコン基板のエッチング方法。
- 25 3. 前記エッチング工程においてプラズマを発生させるための高周波電



力を、前記ドライエッチング進行工程においては高くし、前記保護膜形成工程においては低くすることを特徴とする請求の範囲第1項又は第2項記載のシリコン基板のエッチング方法。

4. 被エッチング物たるシリコン基板を収納するエッチングチャンバと  
5 、

前記エッチングチャンバ内の下部位置に配設され、前記シリコン基板が載置される基台と、

前記エッチングチャンバ内にエッチングガスたるSF<sub>6</sub>ガスを供給するエッチングガス供給手段と、

10 前記エッチングチャンバ内に保護膜形成ガスたるフロロカーボンガスを供給する保護膜形成ガス供給手段と、

前記エッチングチャンバ内を減圧する減圧手段と、

前記エッチングチャンバの外周にこれと対向するように配設されたコイルを備え、該コイルに高周波電力を印加して、前記エッチングチャン  
15 バ内に供給された前記SF<sub>6</sub>ガス及びフロロカーボンガスをプラズマ化するプラズマ生成手段と、

前記基台に高周波電力を印加する基台電力印加手段と、

前記エッチングガス供給手段及び前記保護膜形成ガス供給手段により前記エッチングチャンバ内に供給される前記SF<sub>6</sub>ガス及びフロロカー  
20 ボンガスの流量を制御するガス流量制御手段と、

前記プラズマ生成手段のコイルに印加される電力を制御するコイル電力制御手段と、

前記基台電力印加手段により基台に印加される電力を制御する基台電力制御手段とを備えて構成され、

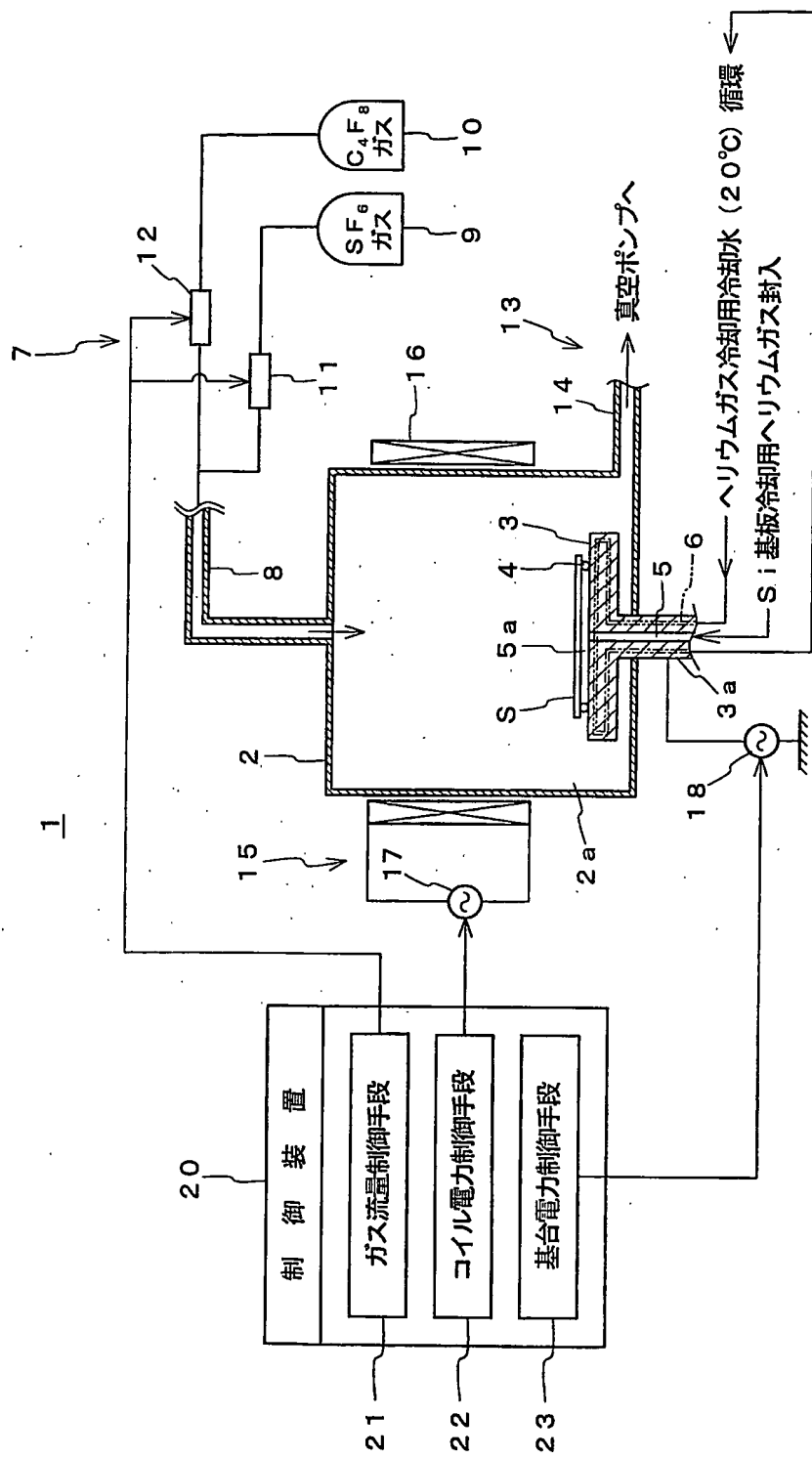
25 前記ガス流量制御手段は、前記SF<sub>6</sub>ガスとフロロカーボンガスを連続的且つその供給量を周期的に変化させて前記エッチングチャンバ内に

供給するとともに、両者の位相が逆となるように前記供給量を制御し、更に、前記 S F<sub>6</sub> ガスの多量供給時には S F<sub>6</sub> ガス 100 容量に対してフロロカーボンガスを 5 ~ 12 容量供給し、前記フロロカーボンガスの多量供給時にはフロロカーボンガス 100 容量に対して S F<sub>6</sub> ガスを 2  
5 ~ 5 容量供給するように構成されてなることを特徴とするシリコン基板のエッチング装置。

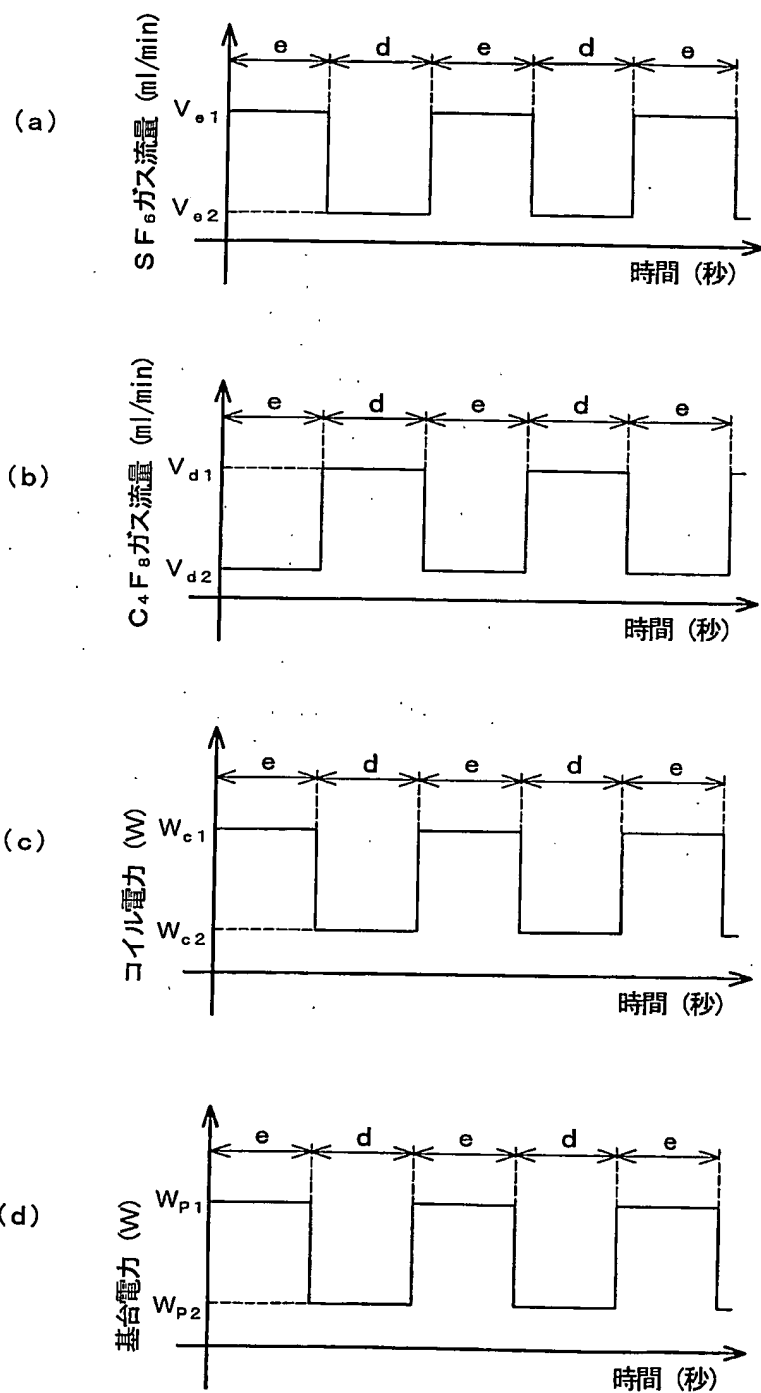
5. 前記基台電力制御手段は、前記基台に印加される電力を、前記 S F<sub>6</sub> ガスの多量供給時には高くし、前記フロロカーボンガスの多量供給時には低くするように構成されてなることを特徴とする請求の範囲第 4 項  
10 記載のシリコン基板のエッチング装置。

6. 前記コイル電力制御手段は、前記コイルに印加される電力を、前記 S F<sub>6</sub> ガスの多量供給時には高くし、前記フロロカーボンガスの多量供給時には低くするように構成されてなることを特徴とする請求の範囲第 4 項又は第 5 項記載のシリコン基板のエッチング装置。

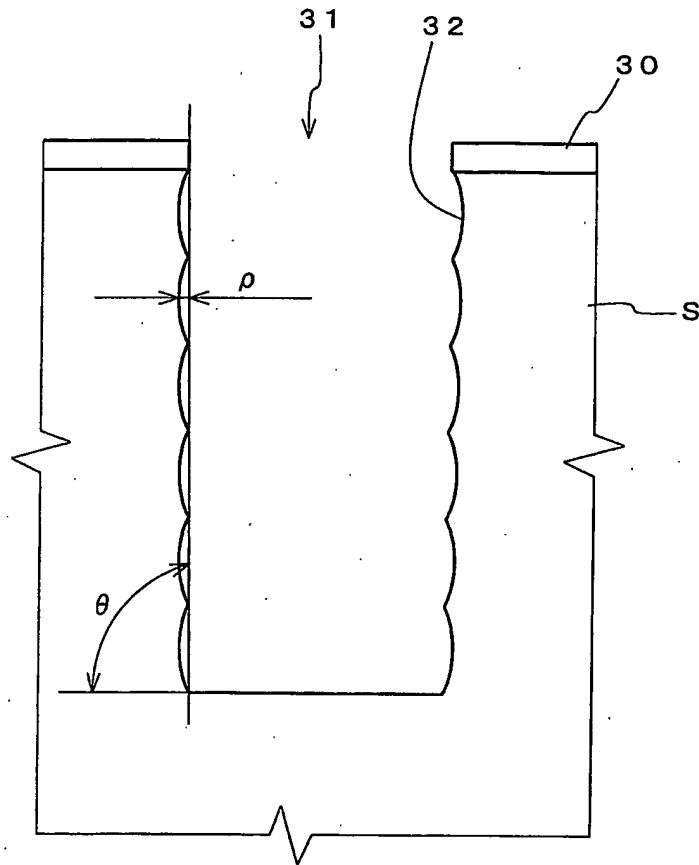
第1図



## 第2図



第3図



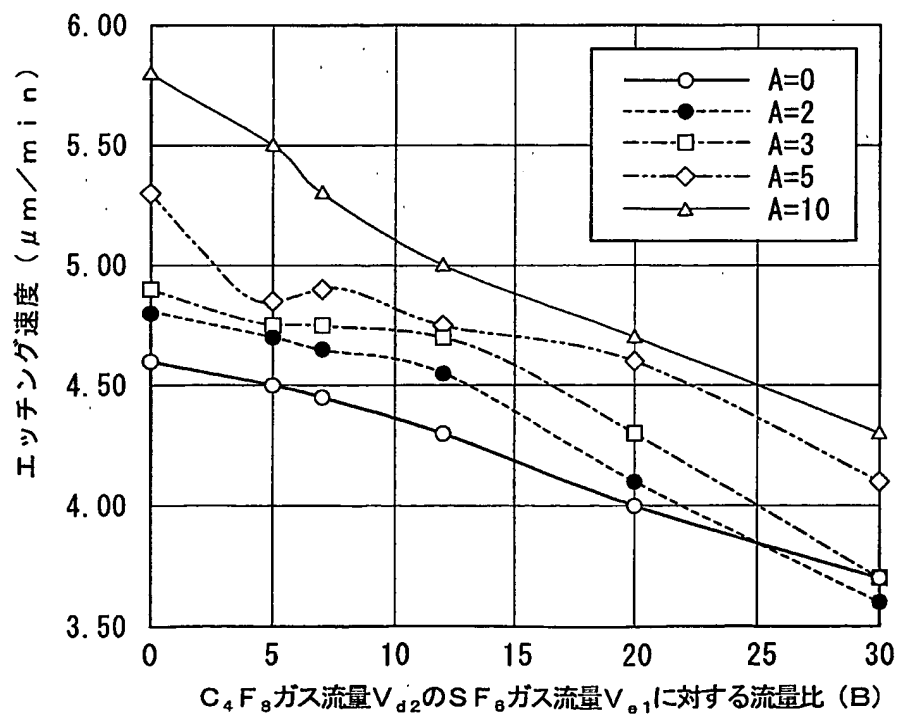
4/9

## 第4図

エッチング速度 ( $\mu\text{m}/\text{min}$ )

		C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d2</sub> のSF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e1</sub> に対する流量比 (B)					
		0	5	7	12	20	30
SF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e2</sub> の C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d1</sub> に対する流量比 (A)	0	4.60	4.50	4.45	4.30	4.00	3.70
	2	4.80	4.70	4.65	4.55	4.10	3.60
	3	4.90	4.75	4.75	4.70	4.30	3.70
	5	5.30	4.85	4.90	4.75	4.60	4.10
	10	5.80	5.50	5.30	5.00	4.70	4.30

## 第5図



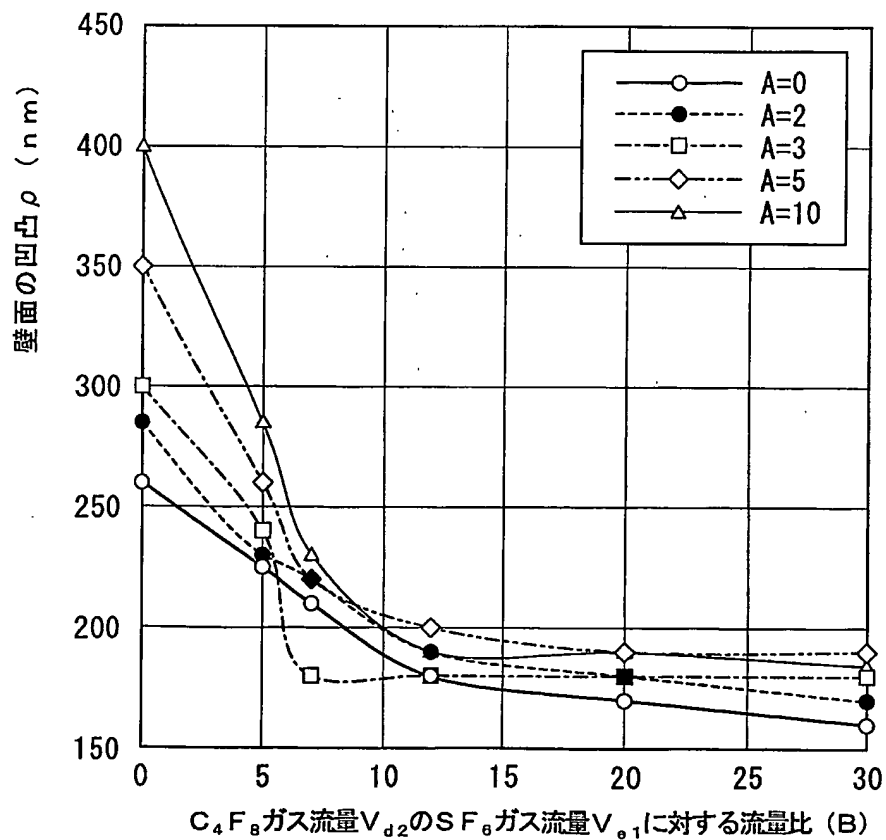
5/9

## 第 6 図

壁面の凹凸  $\rho$  (nm)

		C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d2</sub> のSF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e1</sub> に対する流量比 (B)					
		0	5	7	12	20	30
SF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e2</sub> の C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d1</sub> に対する流量比 (A)	0	260	225	210	180	170	160
	2	285	230	220	190	180	170
	3	300	240	180	180	180	180
	5	350	260	220	200	190	190
	10	400	285	230	190	190	185

## 第 7 図



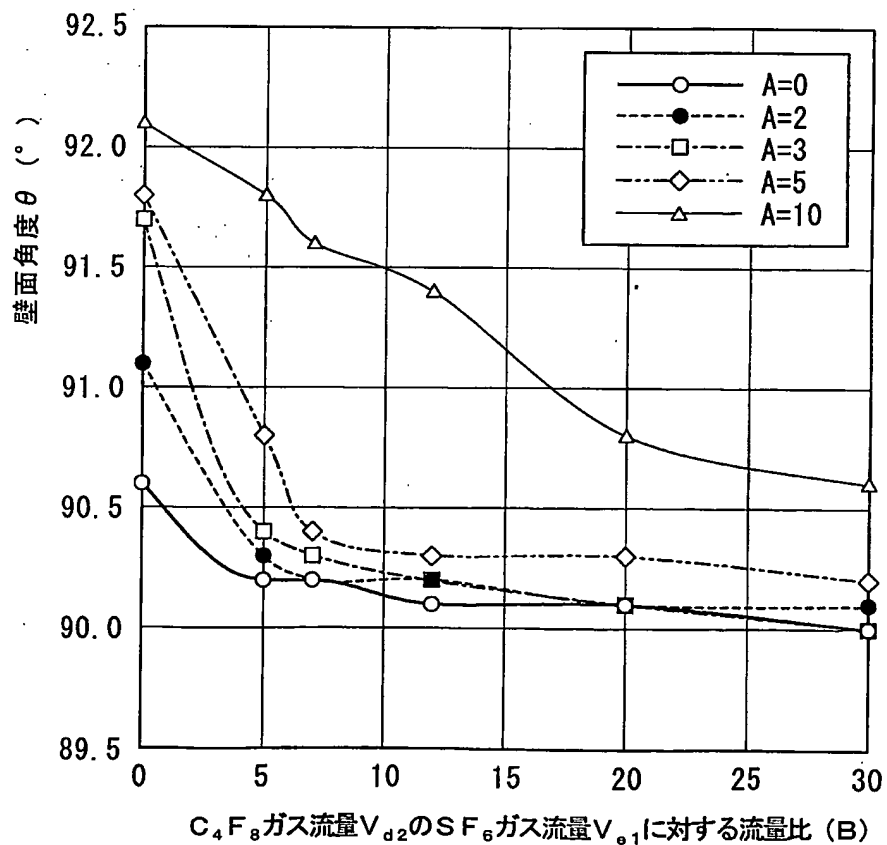
6/9

## 第 8 図

壁面角度  $\theta$  (°)

		C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d2</sub> のSF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e1</sub> に対する流量比 (B)					
		0	5	7	12	20	30
SF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e2</sub> の C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d1</sub> に対する流量比 (A)	0	90.6	90.2	90.2	90.1	90.1	90.0
	2	91.1	90.3	90.2	90.2	90.1	90.1
	3	91.7	90.4	90.3	90.2	90.1	90.0
	5	91.8	90.8	90.4	90.3	90.3	90.2
	10	92.1	91.8	91.6	91.4	90.8	90.6

## 第 9 図





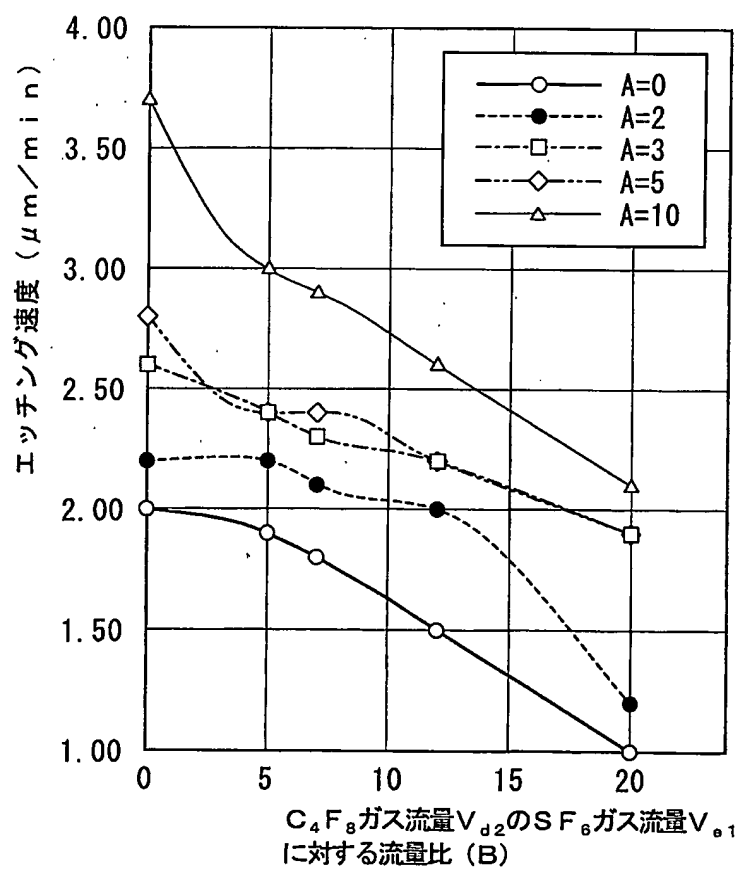
7/9

## 第 10 図

エッチング速度 ( $\mu\text{m}/\text{min}$ )

		C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d2</sub> のSF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e1</sub> に対する流量比 (B)				
		0	5	7	12	20
SF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e2</sub> の C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d1</sub> に対する流量比 (A)	0	2.00	1.90	1.80	1.50	1.00
	2	2.20	2.20	2.10	2.00	1.20
	3	2.60	2.40	2.30	2.20	1.90
	5	2.80	2.40	2.40	2.20	1.90
	10	3.70	3.00	2.90	2.60	2.10

## 第 11 図



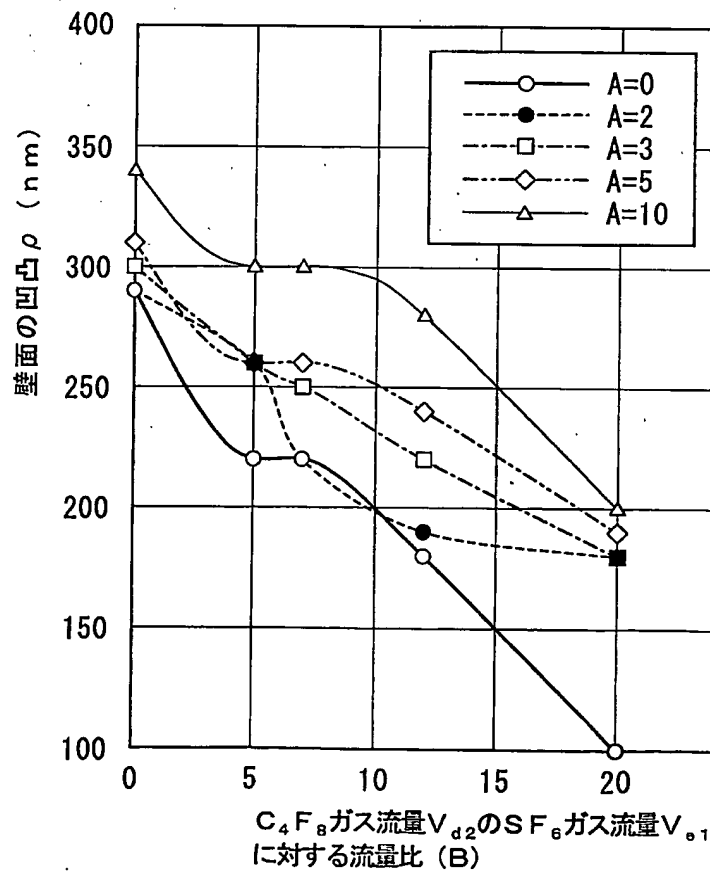
8/9

## 第 1 2 図

壁面の凹凸  $\rho$  (nm)

		C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d2</sub> のSF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e1</sub> に対する流量比 (B)				
		0	5	7	12	20
SF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e2</sub> の C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d1</sub> に対する流量比 (A)	0	290	220	220	180	100
	2	290	260	220	190	180
	3	300	260	250	220	180
	5	310	260	260	240	190
	10	340	300	300	280	200

## 第 1 3 図



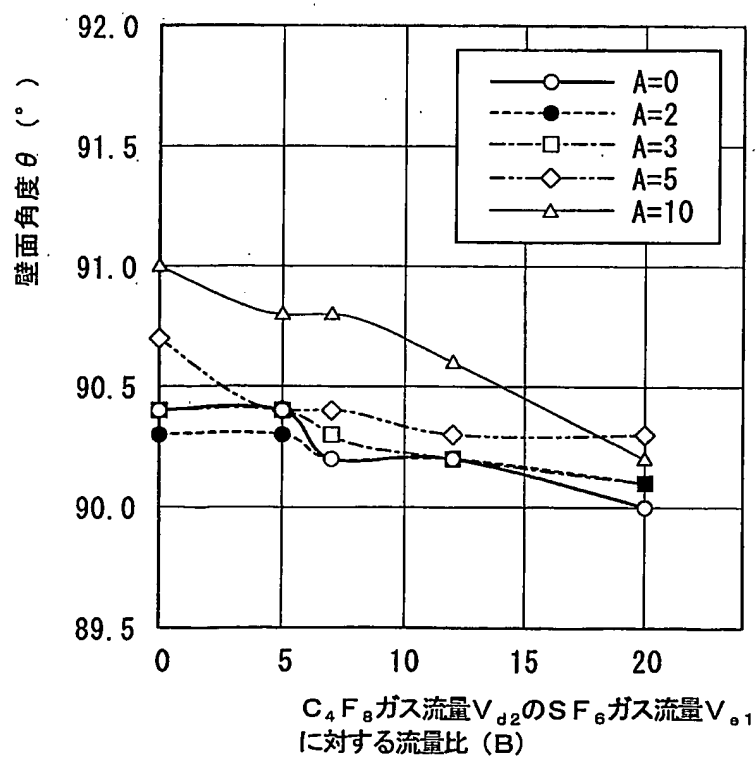
9/9

## 第 14 図

壁面角度  $\theta$  (°)

		C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d2</sub> のSF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e1</sub> に対する流量比 (B)				
		0	5	7	12	20
SF <sub>6</sub> ガス流量V <sub>e2</sub> の C <sub>4</sub> F <sub>8</sub> ガス流量V <sub>d1</sub> に対する流量比 (A)	0	90.4	90.4	90.2	90.2	90.0
	2	90.3	90.3	90.2	90.2	90.1
	3	90.4	90.4	90.3	90.2	90.1
	5	90.7	90.4	90.4	90.3	90.3
	10	91.0	90.8	90.8	90.6	90.2

## 第 15 図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/003693

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/3065

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H01L21/3065

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2000-323454 A (Alcatel), 24 November, 2000 (24.11.00), Claims 1, 9; Par. Nos. [0015] to [0022] & EP 1047122 A & US 6383938 B2	1-6
A	JP 2000-299310 A (Denso Corp.), 24 October, 2000 (24.10.00), Par. Nos. [0063] to [0069] (Family: none)	1-6
A	JP 11-195641 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 21 July, 1999 (21.07.99), Par. Nos. [0022] to [0027]; Fig. 2 (Family: none)	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
10 June, 2004 (10.06.04)Date of mailing of the international search report  
29 June, 2004 (29.06.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl <sup>7</sup> H01L21/3065		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int. Cl <sup>7</sup> H01L21/3065		
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2004年 日本国登録実用新案公報 1994-2004年 日本国実用新案登録公報 1996-2004年		
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2000-323454 A (アルカテル) 2000.11.24 【請求項1】 【請求項9】 【0015】 - 【0022】 & EP 1047122 A & US 6383938 B2	1-6
A	JP 2000-299310 A (株式会社デンソー) 2000.10.24 【0063】 - 【0069】 (ファミリーなし)	1-6
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日 10.06.2004	国際調査報告の発送日 29.6.2004	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 今井 拓也	4 R 9169
電話番号 03-3581-1101 内線 3469		

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-195641 A (松下電器産業株式会社) 1999.07.21 【0022】-【0027】【図2】 (ファミリーなし)	1-6